©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Über eine einfache Vorrichtung zur Herstellung complementärer Farbenpaare mit Brücke's Schistoscop.

Von **L. Ditscheiner.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. März 1871.)

In seinem trefflichen Werke „Physiologie der Farben“ [1] hat Brücke einen sinnreichen und sehr bequemen Apparat zur Herstellung complementärer Farbenpaare beschrieben und Schistoscop genannt. Im Wesentlichen besteht derselbe aus einem Nicol'schen Prisma und einer Haidinger'schen dichroscopischen Loupe, zwischen welche eine dünne doppeltbrechende Krystallplatte, am besten Glimmer oder Gyps, eingeschoben wird. Befinden sich der polarisirende Nicol und die analysirende dichroscopische Loupe so gestellt, dass die Polarisationsebene des aus dem Nicole austretenden Strahles zur Polarisationsebene des einen der durch die Loupe gehenden Strahlen parallel, zu jener des zweiten aber senkrecht steht, hat man ferner die Krystallplatte so eingeschoben, dass die Polarisationsebenen der sie senkrecht durchziehenden Strahlen mit jenen des Nicols und der Loupe Winkel von 45° bilden, so erscheinen die beiden im Gesichtsfelde der Loupe auftretenden Felder, wenn nur die Krystallplatte dünn genug ist, verschieden, aber vollkommen complementär gefärbt. Die Farben, welche die beiden Felder zeigen, hängen ab von der Dicke D der Krystallplatte und von den Brechungsquotienten μ_1 und μ_2 der sie durchziehenden, senkrecht zu einander polarisirten Strahlen. Wenn wir eine bestimmte Farbe des Spectrums, der etwa die Wellenlänge λ in Luft zukommt, in Betracht ziehen, so liefert eine einfache Rechnung als Intensität für die aus der Loupe austretenden in je einem Felde zu beobachtenden Strahlen

---

[1] Leipzig. S. Hirzel. 1866. pag. 36.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$$I_o = i^2 \sin \frac{2\pi}{\lambda}(\mu_1 - \mu_2)D \text{ und}$$

$$I_e = i^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda}(\mu_1 - \mu_2)D.$$

Es ist daraus ersichtlich, dass bei Anwendung von weissem Lichte in den beiden Feldern nicht alle Strahlen des Spectrums gleichmässig vertreten sind, sondern dass gewisse gänzlich fehlen, andere aber mit ihrer vollen Intensität auftreten, aber immer so, dass die in einem Felde der Loupe fehlenden Strahlen im andern Felde mit dem Maximum der Intensität vorhanden sind, wie dies unmittelbar durch die Gleichung

$$I_o + I_e = i^2$$

gegeben wird.

Es ist ebenso erklärlich, dass man es im Schistoscope mit Farben zu thun hat, die einfach dadurch entstanden sind, dass man aus dem weissen Lichte gewisse Farben mehr oder weniger herausgenommen hat, wodurch der übrig bleibende Rest wieder vereint eine ganz bestimmte Mischfarbe zeigt. Es folgt aber auch durch Betrachtung der oben aufgestellten Gleichungen, dass die aus dem weissen Lichte herausgenommenen Farben unter einander in einem ganz bestimmten Zusammenhange stehen, und dass es nicht in der Hand des Experimentators liegt, durch Anwendung verschieden dicker Krystallplättchen beliebige Farben aus dem Spectrum herauszunehmen und so beliebige Farbenpaare im Schistoscope sich herzustellen, so dass man auch nicht erwarten kann, jede beliebige Farbe in einem der Felder finden zu können, wie dies auch bereits von Brücke angegeben wurde. Wählt man z. B. als Object eine parallel zur optischen Axe geschnittene Quarzplatte von der Dicke 0·22913 Millimeter, so erhält man in einem der beiden Felder eine Mischfarbe, die dadurch charakterisirt ist, dass sie bei der Analyse mit dem Spectralapparate dunkle Streifen, also fehlende Farben, zeigen wird, an Stellen die im Kirchhoff'schen Spectrum bezeichnet sind durch die Zahlen

B 593	*E* 1523	*G* 2855

und deren Wellenlängen sind

687·41	527·02	430·78.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Im zweiten Felde erscheinen natürlich eben diese hier fehlenden Farben in ihrer vollen Intensität, während die dunklen Streifen zwischen ihnen liegen, dort wo für das erste Feld Intensitätsmaxima sind.

Wenn man also bei Anwendung einer Quarzplatte von der angegebenen Dicke Roth mit der Wellenlänge 687·41 und Grün von der Wellenlänge 527·02 vollständig aus dem weissen Lichte herausnimmt, so nimmt man auch gleichzeitig Violet von der Wellenlänge 430·78 heraus; man ist mit dem Schistoscope nicht im Stande eine Farbe zu erhalten, in der Roth und Grün allein fehlt, denn damit ist unvermeidlich auch ein Fehlen von Violet verbunden, um so mehr als bei allen Krystallen, die wir in Bezug auf ihre Brechungsverhältnisse kennen, für die verschiedenen Farben des Spectrums der Werth $\mu_1 - \mu_2$, wenn auch nicht vollkommen, so doch nahezu constant ist. Es werden sonach die Farben des Schistoscopes grosse Ähnlichkeit haben mit den Farben dünner Plättchen, etwa jener, welche das Newton'sche Farbenglas liefert. Diese Ähnlichkeit kann durch folgende Zahlen constatirt werden. Für eine Luftschichte von der Dicke 0·001203 Mm. erhält man bei nahezu senkrecht reflectirtem Lichte eine Interferenz-Farbe, die im Spectrum an folgenden Stellen der Kirchhoff'schen Scala dunkle Streifen hat

B 593 1451 2734,

denen die folgenden Wellenlängen entsprechen

687·41 534·66 437·45.

Aber es ist noch zu bemerken, dass, wenn man bei Anwendung verschiedener Krystalle auch im Stande ist, zwei bestimmte Farben, z. B. bestimmtes Roth und Grün herauszunehmen, doch die dritte oder die übrigen herausgenommenen Farben verschieden sein können, ja in der Regel auch sind, so dass für Quarz sich zu diesen beiden Farben ein ganz anderes Violet gesellt, wie bei Glimmer und bei diesem wieder ein anderes wie bei Gyps. Es rührt dies daher, dass die Änderungen im Werthe von $\mu_1 - \mu_2$ bei verschiedenen Mineralspecies beim Übergang von einer Farbe zu einer andern verschieden sind. Wesentlich ist dies namentlich für praktische Zwecke allerdings nicht, aber es kann dadurch eine merklich verschiedene Nüancirung der Farbe

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bedingt werden, wenn man es mit verschiedenen Krystallen zu thun hat, bei welchen ein verschiedenes Verhältniss in der Dispersion der beiden sie durchziehenden Strahlen eintritt. Man kann für ein bestimmtes im Schistoscop auf diese Weise erhaltenes Farbenpaar einen symbolischen Ausdruck, etwa in folgender Form geben

$$I_o = \Sigma i^2 \sin \frac{2\pi}{\lambda}(\mu_1 - \mu_2)D$$

$$I_e = \Sigma i^2 \cos \frac{2\pi}{\lambda}(\mu_1 - \mu_2)D,$$

wobei die Summirung ausgedehnt werden muss über alle Farben, die in dem durch das Schistoscop zerlegten Lichte enthalten waren. Hat man weisses Licht, so muss eben die Summirung über alle sichtbaren Farben vom äussersten Roth bis zum äussersten Violet ausgedehnt werden.

Dadurch, dass man mit dem Schistoscope nicht zu jeder beliebigen Farbe das Complement herstellen kann, ist das Instrument, so schätzenswerthe Leistungen durch dasselbe auch naturgemäss erhalten werden können, doch namentlich in der Praxis, für die es eben bestimmt ist, auf einen engeren Kreis angewiesen, wenn man nicht rasch alle mit demselben herstellbare Farbenpaare sich vor Augen führen kann. Und dies scheint mir in der Weise, in welcher man dies bis jetzt zu leisten vermag, nicht genügend zu sein. Nach den Angaben Brücke's legt man nach und nach eine grössere Anzahl, als Objecte dienende dünne Krystallplättchen auf das Tischchen des Instrumentes, bis man in einem der beiden Felder die gegebene Farbe auftreten sieht. Wenn man auch schon früher eine grössere Anzahl von solchen Objecten sich hergestellt und in passender Ordnung zusammengestellt hat, so vergeht doch, bei eben einer grösseren Zahl von Objecten, eine verhältnissmässig lange Zeit mit dem Einlegen, Richten und Herausnehmen der Objectplättchen, die umsomehr als verloren erscheint, wenn man, was ja sehr möglich ist, die betreffende Farbe überhaupt im Schistoscope nicht finden kann. Es schien mir darin ein Grund zu liegen, dass von Seite der Praktiker diesem Instrumente nicht diejenige Bedeutung beigelegt werden könnte, die es unstreitig hat. Es

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

war in mir deshalb, kurze Zeit nachdem ich Gelegenheit hatte mit dem Schistoscope zu arbeiten, der Wunsch rege geworden, bei der Benützung desselben die vielen Objectplättchen durch ein oder zwei solche zu ersetzen, denen man auf irgend eine Weise den einfallenden Strahlen gegenüber eine verschiedene Dicke geben kann.

Es lag zunächst nahe, eine senkrecht zur optischen Axe geschnittene Platte einer optisch einaxigen Substanz zu nehmen. Dadurch, dass man eine solche Platte zwischen Nicol und dichroscopische Loupe einschiebt und um eine horizontale, d. i. zur Sehrichtung senkrechte Axe dreht, welch letztere noch mit den Polarisationsebenen des Nicols und der Loupe Winkel von 45° bildet, ist man im Stande, den durch die Platte gehenden ordentlichen und ausserordentlichen Strahlen beliebige Gangunterschiede zu ertheilen und so verschiedene complementäre Farbenpaare zu erhalten. So liefert z. B. eine zur optischen Axe senkrecht geschnittene Kalkspathplatte von der Dicke gleich 0·00574 Millimeter bei der angedeuteten Drehung um 45° in dem einen Felde des Schistoscopes eine Farbe, die durch den Spectralapparat analysirt, bei den Kirchhoff'schen Linien

B. 593 1570 2627,

denen eine Wellenlänge von

687·41 523·40 444·25

entspricht, dunkle Interferenz-Streifen zeigt. Der Gangunterschied der beiden Strahlen ist für die Anwendung einer solchen Platte

$$\Delta = n\lambda = D\left(\frac{\mu_o}{\mu_e}\sqrt{\mu_e^2 - \sin^2\alpha} - \sqrt{\mu_o^2 - \sin^2\alpha}\right),$$

wobei α denjenigen Winkel bedeutet, um welchen die Krystallplatte aus ihrer zur Sehrichtung normalen Lage gedreht wurde, während μ_o und μ_e die Brechungsquotienten des ordentlichen und ausserordentlichen Strahles in Kalkspath sind. Die Farben für diesen Fall sind dann durch folgende Symbole darzustellen:

$$I_o = \Sigma i^2 \sin^2\frac{\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_o}{\mu_e}\sqrt{\mu_e^2 - \sin^2\alpha} - \sqrt{\mu_o^2 - \sin^2\alpha}\right)$$

$$I_e = \Sigma i^2 \cos^2\frac{\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_o}{\mu_e}\sqrt{\mu_e^2 - \sin^2\alpha} - \sqrt{\mu_o^2 - \sin^2\alpha}\right).$$

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Schon aus diesen Symbolen ergibt sich, dass die auf solche Weise dargestellten Farben mit jenen, die man durch senkrecht auf die Sehrichtung eingeschobene Krystallplättchen herstellen kann, nicht vollkommen identisch sind. Aber die oben gegebenen Zahlen liefern auch hier wieder den Beweis, dass die Verschiedenheit der Farbe eine nicht sehr bedeutende sein kann. Solche senkrecht zur optischen Axe geschnittene Platten könnten jedoch nur aus einer einzigen Substanz, dem isländischen Doppelspathe praktisch angewendet werden, da der Quarz, wegen der durch ihn bewirkten Drehung der Polarisationsebene, und andere Substanzen aus anderen Gründen nicht angewendet werden können. Dieser Doppelspath bietet aber für eine solche Anwendung insoferne Schwierigkeiten, als die Platten wegen des grossen Unterschiedes von μ_e und μ_o sehr dünn sein müssten. Den einen wichtigen Vortheil würden aber solche Kalkspathplatten gegen andere unten zu besprechende Krystallplatten haben, dass man mit ihnen alle Gangunterschiede von 0, bei $\alpha=0$, bis zu jenen leicht erhalten könnte, bei welchen schon beide Felder des Schistoscopes vollkommen weiss erscheinen.

Ausser Kalkspath eignet sich noch besonders optisch einaxiger Glimmer, der durch natürliche Spaltung leicht in gehörig dünnen Plättchen erhalten werden kann. Da aber einaxiger Glimmer in farblosen Varietäten höchst selten oder fast gar nicht gefunden wird, so wird auch seine Anwendung erschwert, da die ihm eigenthümliche Farbe auf die Farbe der Felder der dichroscopischen Loupe einen störenden Einfluss üben muss.

Eine andere Methode, sich im Schistoscope durch Drehen einer Platte nach und nach rasch viele complementäre Farbenpaare vor Augen zu führen, besteht in der Anwendung zweier gleich dicker, parallel zur optischen Axe geschnittener Quarzplatten, welche so über einander gestellt sind, dass ihre optischen Axen zu einander senkrecht stehen. Schiebt man diese Combination so zwischen den Nicol und die Loupe ein, dass ihre optischen Axen Winkel von 45° mit den Polarisationsebenen der polarisirenden Vorrichtungen (Nicol und Loupe) bilden, so erhält man bei paralleler, zur Sehrichtung senkrechter Lage der Quarzplatten das eine Feld der Loupe vollkommen dunkel, das zweite aber hell und farblos. Die Wirkungen beider Platten heben sich in

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

diesem Falle vollkommen auf, sie verhalten sich wie eine einfach brechende Platte oder so als ob sie gar nicht vorhanden wären. Dreht man aber die eine Platte um eine in ihr liegende, zur optischen Axe parallele oder auf ihr senkrecht stehende Axe, so sieht man die Felder sich verschieden färben und bei fortgesetztem Drehen einen raschen aber continuirlichen Wechsel der Farben. Dadurch nämlich, dass man die eine der Quarzplatten dreht, verändert man den Gangunterschied des ordentlichen und ausserordentlichen Strahles immer mehr und bringt so eine Erscheinung hervor, wie sie sich ähnlich beim Einschieben immer dickerer Glimmer- oder Gypsplättchen zeigt. Bezeichnet man nämlich mit α den Winkel, um welchen man die eine Quarzplatte aus ihrer normalen Lage gebracht, mit D die Dicke jeder der beiden Quarzplatten, endlich mit μ_o und μ_e die Hauptbrechungsquotienten des Quarzes für Licht von der Wellenlänge λ in Luft, so erhält man als Gangunterschied der aus der Quarzcombination austretenden Strahlen

$$\Delta = n\lambda = D(\mu_e - \mu_o)\left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{\mu_o^2}}\right),$$

wenn die Drehung stattgefunden hat um eine zur optischen Axe der drehbaren Quarzplatte senkrechte Linie und

$$\Delta = n\lambda = D(\mu_e - \mu_o - \sqrt{\mu_e^2 - \sin^2\alpha} + \sqrt{\mu_o^2 - \sin^2\alpha}),$$

wenn die optische Axe parallel zur Drehungsaxe ist.

Die auf diese Weise erhaltenen Farben sind durch folgende Symbole zu geben:

$$I_o = \Sigma i^2 \sin\frac{2\pi}{\lambda}(\mu_e - \mu_o)\left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{\mu_o^2}}\right)$$

$$I_e = \Sigma i^2 \cos\frac{2\pi}{\lambda}(\mu_e - \mu_o)\left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{\mu_o^2}}\right)$$

im ersten und

$$I_o = \Sigma i^2 \sin\frac{2\pi}{\lambda}(\mu_e - \mu_o - \sqrt{\mu_e^2 - \sin^2\alpha} + \sqrt{\mu_o^2 - \sin^2\alpha})$$

$$I_e = \Sigma i^2 \cos\frac{2\pi}{\lambda}(\mu_e - \mu_o - \sqrt{\mu_e^2 - \sin^2\alpha} + \sqrt{\mu_o^2 - \sin^2\alpha})$$

im zweiten Falle.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es ist, wie man sich leicht durch einen Versuch überzeugen kann, ziemlich gleichgiltig, ob man die eine oder die andere Drehung einleitet. Im ersteren Falle wird man nur eine etwas grössere Drehung vornehmen müssen als im zweiten, wenn man ähnliche Farbenpaare erhalten will. Man wird aber auch aus den obigen Gleichungen erkennen, dass die durch diese verschiedenen Drehungen der Quarzplatte erhaltenen Farbenpaare nicht vollkommen gleich sind, dass sie aber auch verschieden sind von den oben auf andere Weise dargestellten. Bedeutend ist aber auch hier der Unterschied nicht, wie die folgenden Zahlenresultate lehren. Wenn man nämlich zwei Quarzplatten von der Dicke $D=$ 2 Millimeter in gekreuzter Stellung im Schistoscop einschiebt und man dreht die eine Platte um eine Axe senkrecht zu ihrer optischen Axe um den Winkel $\alpha=45°44'$, so tritt in dem einen Felde des Schistoscopes eine Farbe auf, der im Spectralapparate dunkle Streifen entsprechen, an folgenden Stellen des Kirchhoff'schen Spectrums

B. 593 1578 *B*[1]

entsprechend den Wellenlängen

687·41 522·99 422·97.

Die Quarzplatten eignen sich zur Herstellung solcher complementärer Farbenpaare ganz vorzüglich. Sie sind leicht mit der nöthigen Reinheit und vollkommen farblos und durchsichtig zu erhalten und sind durch ihre Härte dauernde und widerstandsfähige Theile des Apparates. Durch die Anwendung solcher Quarzplatten wird auch der ganze Apparat einfacher und für den Praktiker bequemer, da er leicht von jedem Mechaniker in geschlossener Form hergestellt werden kann, und nicht eine Verschiebung der einzelnen Theile des Apparates gegen einander nothwendig eingeführt werden muss. Bei der Zusammenstellung des Apparates bringt man die eine fixe Quarzplatte unmittelbar vor die Öffnung der dichroscopischen Loupe, während man die zweite, durch einen Schraubenkopf drehbare Platte der ersten

[1] An der von mir mit *B* bezeichneten starken Fraunhofer'schen Linie zwischen *G* und *H* in der Nähe bei *G*. Angström gibt für diese Linie in seinem Spectre normal du soleil als Wellenlänge 422·64.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

möglichst nahestellt. Mit dem angedeuteten Schraubenkopfe kann auch ein Zeiger in Verbindung gebracht werden, dessen Stellung an einem Theilkreise abgelesen und fixirt werden kann, um ein einmal aufgefundenes Farbenpaar leichter wieder herstellen zu können. Es ist dies jedoch kaum nöthig, da man durch eine wiederholte Beobachtung dasselbe fast ebenso schnell wieder erreichen kann. Dieser Theil des Apparates soll, wo möglich, auch um eine zur Sehrichtung parallele Axe gedreht werden können, um leichter den Quarzplatten gegenüber den Polarisationsebenen von Nicol und Loupe die richtige Stellung geben zu können. Diese Combination ist auch dadurch ausgezeichnet, dass sie alle Gangunterschiede von 0 bis zu jenen, für welche beide Felder des Schistoscopes schon weiss erscheinen (nach Stefan tritt dies ein, wenn mehr als zehn dunkle Streifen im Spectralapparate sich zeigen), bei einer Drehung um eine einzige Axe liefert.

Es gibt nämlich noch eine andere hieher gehörige Methode, die ich erwähnen muss, da sie sich namentlich dann empfiehlt, wenn man vornemlich sich mit Farbenpaaren zu beschäftigen hat, die durch gesättigtere Farben gebildet werden. In diesem Falle ist der Gangunterschied der senkrecht zu einander polarisirten Strahlen nicht sehr klein. Man kann sich dann einer optisch zweiaxigen Glimmerplatte bedienen, die leicht senkrecht zur ersten Mittellinie in genügend dünne Plättchen gespalten werden kann. Bringt man nämlich ein solches Plättchen so zwischen Nicol und Loupe, dass die Ebene der optischen Axen einen Winkel von 45° mit den Polarisationsebenen des Nicols und der Loupe bildet, so erscheinen die beiden Felder gefärbt und man wählt ein solches Plättchen, für welches eines dieser Felder ziemlich dunkelbraun ist, während das andere bläulichweiss gefärbt ist.

Dreht man nun die Glimmerplatte um eine zur Ebene der optischen Axen parallele Linie, so stellt sich ebenfalls ein ziemlich rascher und continuirlicher Übergang von einem complementären Farbenpaare zu anderen ein. Bezeichnen wir mit μ_α, μ_β und μ_γ die drei Hauptbrechungsquotienten und mit D die Dicke der Glimmerplatte, ferner mit α den Winkel, welchen die Normale der gedrehten Platte mit der Sehrichtung bildet, so wird der Gangunterschied der austretenden Strahlen

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$$\Delta = n\lambda = \left(\frac{\mu_\beta}{\mu_\gamma}\sqrt{\mu^2{}_\gamma - \sin^2\alpha} - \sqrt{\mu_\alpha{}^2 - \sin^2\alpha}\right)$$

und die den Farben zukommenden Symbole

$$I_o = \Sigma i^2 \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_\beta}{\mu_\gamma}\sqrt{\mu^2{}_\gamma - \sin^2\alpha} - \sqrt{\mu_\alpha{}^2 - \sin^2\alpha}\right)D.$$

$$I_e = \Sigma i^2 \cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\mu_\beta}{\mu_\gamma}\sqrt{\mu^2{}_\gamma - \sin^2\alpha} - \sqrt{\mu_\alpha{}^2 - \sin^2\alpha}\right)D.$$

Man ersieht aus diesen Werthen, dass man hier kleinere Gangunterschiede als jener für $\alpha = 0$, nämlich

$$(\mu_\beta - \mu_\alpha)D,$$

also auch die ihnen zukommenden Farbenpaare nicht erhalten kann. Dieser Gangunterschied wird im Allgemeinen um so kleiner, je kleiner der optische Axenwinkel ist, so dass sich Glimmer mit kleinen optischen Axenwinkeln zu ihrer Anwendung besser eignen als solche mit grösseren.

Man kann aber auch mit einer solchen Glimmerplatte kleinere als durch ihre Dicke bestimmte Gangunterschiede, also die noch fehlenden Farbenpaare erhalten, wenn man die Glimmerplatte um eine zur bis nun gewählten Axe senkrechte dreht. Diese liegt dann ebenfalls in der Platte und ist senkrecht zur Ebene ihrer optischen Axen. Dann wird der Gangunterschied, wenn man um den Winkel α dreht

$$\Delta = n\lambda = \left(\frac{\mu_\alpha}{\mu_\gamma}\sqrt{\mu^2{}_\gamma - \sin^2\alpha} - \sqrt{\mu_\beta{}^2 - \sin^2\alpha}\right)D.$$

Diese Gangunterschiede werden immer kleiner, wenn α von 0 an wächst und für den Fall, dass α gleich dem scheinbaren optischen Axenwinkel wird, wird auch Δ seinen kleinsten Werth bekommen, es wird 0 und wächst nun wieder bei einer weiteren Zunahme von α.

So einfach diese letzte Methode auch zu sein scheint, so steht sie doch jener mit den compensirenden Quarzplatten nach und verdient diese letztere entschieden den Vorrang. Die Farblosigkeit und Festigkeit des Quarzes und die mögliche Her-

stellung aller Farbenpaare bei einer und derselben Drehung sind Dinge, welche das Ersparen der fixen Quarzplatte, die noch dazu den eigentlichen Gebrauch des Instrumentes nicht im Geringsten erschwert, wohl aufzuwiegen im Stande sind, wenn auch nicht geläugnet werden kann, dass die mit dem Glimmer herzustellenden Farbenpaare sich in vielen Fällen als ausreichend erweisen dürften.